

2022年度 卒業論文

感情パラメータを導入した  
疑似プレイヤーの研究

指導教員：渡辺 大地 教授

メディア学部 ゲームサイエンスプロジェクト

学籍番号 M0119004

明石 光平

2023年2月

**2022年度 卒業論文概要**

論文題目

感情パラメータを導入した  
疑似プレイヤーの研究

メディア学部

学籍番号：M0119004

氏名

明石 光平

指導  
教員

渡辺 大地 教授

キーワード

ゲーム AI、キャラクター AI、ゲーム、感情、面白さ、疑似プレイヤー

昨今では、「バトルロイヤルゲーム」や「アクションRPG」、「格闘ゲーム」など様々な種類の「PvPゲーム」が流行している。そのようなゲームでは、人間同士での戦闘を行うだけでなくAIが操作するキャラクターとの戦闘を行う事も多々ある。特に「バトルロイヤルゲーム」では人間プレイヤーと疑似プレイヤーが混在した状態での戦闘が多く行われる。その際に疑似プレイヤーでは人間プレイヤーと比較して面白さが損なわれることが問題としてある。そこで、本稿では疑似プレイヤーに感情パラメータを導入することで面白さの低減を防ぐという動機のもと、「疑似プレイヤーに対して感情を想起させる事」を目的とした。まず、プレイヤーが感じる面白さには相手プレイヤーに対しての「強気」や「怯え」といった感情の想起が関係していると考えた。そこで予備調査を行ったところ、プレイヤーが行う感情の想起や変化には、相手の行動変化が関係していると分かった。

提案手法では、疑似プレイヤーの行動選択部に感情パラメータを導入する。それにより、疑似プレイヤーが感情による行動変化を行い、プレイヤーが行う感情の想起に変化を起こす。そうして、プレイヤーの面白さ向上へと繋がっていくと考えた。本手法の検証を行った結果、感情有りの疑似プレイヤーでは感情無しの疑似プレイヤーよりも、感情的であるとのアンケート結果になり、「意志を感じた」などといった回答もあった。そのため、目的としていた「疑似プレイヤーに対して感情を想起させる事」は達成する事ができたと言える。

# 目次

<b>第 1 章</b>	<b>はじめに</b>	<b>1</b>
1.1	背景と目的	1
1.2	論文構成	3
<b>第 2 章</b>	<b>関連研究</b>	<b>4</b>
2.1	ゲームにおける AI	4
2.2	人間らしさに関する先行研究	5
2.2.1	行動の模倣	5
2.2.2	身体的な制約	6
2.2.3	感情	6
2.2.4	間違い・勘違い	6
2.2.5	好み	7
<b>第 3 章</b>	<b>提案手法</b>	<b>8</b>
3.1	人間プレイヤーと疑似プレイヤーの違い	8
3.2	感情の想起が面白さに与える影響	9
3.3	感情パラメータ	10
3.4	提案手法のまとめ	11
3.5	対象とするゲームジャンル	11
3.5.1	バトルロイヤルゲーム	12
3.5.2	アクション RPG ゲーム	13
<b>第 4 章</b>	<b>予備調査</b>	<b>14</b>
4.1	感情の想起に関する予備調査	14
4.2	予備調査の結果と考察	16
<b>第 5 章</b>	<b>本実験の実装について</b>	<b>17</b>
5.1	自作ゲームについて	17
5.2	疑似プレイヤーの感情パラメータについて	19
<b>第 6 章</b>	<b>評価分析</b>	<b>23</b>

6.1	実験方法 . . . . .	23
6.2	実験結果 . . . . .	26
6.3	検定結果 . . . . .	27
	6.3.1 人間プレイヤーと疑似プレイヤーの比較 . . . . .	27
	6.3.2 感情有りとは感情無しの疑似プレイヤーの比較 . . . . .	28
6.4	考察 . . . . .	29
<b>第7章 まとめ</b>		<b>32</b>
	<b>謝辞</b>	<b>33</b>
	<b>参考文献</b>	<b>34</b>

# 目次

2.1	ゲームにおける AI . . . . .	4
3.1	2次元感情マップ . . . . .	10
3.2	感情から面白さへの遷移 . . . . .	11
3.3	Apex のゲーム画面のスクリーンショット . . . . .	12
3.4	PUBG のゲーム画面のスクリーンショット . . . . .	13
3.5	Elden のゲーム画面のスクリーンショット . . . . .	13
4.1	予備調査に用いた PUBG の動画のスクリーンショット . . . . .	15
4.2	予備調査に用いた Apex の動画のスクリーンショット . . . . .	15
4.3	予備調査に用いた Elden の動画のスクリーンショット . . . . .	15
5.1	実装したゲームのスクリーンショット 1 . . . . .	17
5.2	実装したゲームのスクリーンショット 2 . . . . .	18
5.3	関数 E の 2次元テーブルの例 . . . . .	21
6.1	戦闘中のスクリーンショット . . . . .	23
6.2	調査画面のスクリーンショット . . . . .	24
6.3	終了時の 10 段階評価 . . . . .	25
6.4	終了時の自由記入評価 . . . . .	25
6.5	1 セット目の評価結果の箱ひげ図 . . . . .	28
6.6	2 セット目の評価結果の箱ひげ図 . . . . .	29
6.7	「敵が感情的であったか」の箱ひげ図 . . . . .	30

# 表 目 次

4.1	予備調査の結果 . . . . .	16
6.1	被験者内訳 . . . . .	26
6.2	年齢 . . . . .	27
6.3	PvP の経験 . . . . .	27
6.4	1セット目 調査結果の平均 . . . . .	28
6.5	2セット目 調査結果の平均 . . . . .	29

# 第 1 章

## はじめに

### 1.1 背景と目的

昨今では、「Apex Legends(以下、Apex)[1]」や「PUBG:BATTLEFROUNDS(以下、PUBG)[2]」、「FORTNITE[3]」を始めとした「バトルロイヤルゲーム」や「ELDEN RING(以下、Elden)[4]」や「FINAL FANTASY XIV[5]」などの「アクション RPG ゲーム」、「大乱闘スマッシュブラザーズ SPECIAL(以下、スマブラ)[6]」や「STREET FIGHTER V[7]」といった「格闘ゲーム」などといった、ゲーム内でプレイヤー同士が戦闘するゲームジャンルである「Player Versus Player(以下、PvP) ゲーム」が流行している。PvP ゲームは純粋にゲームとしてステージを攻略したり、敵を倒すなどのアクションを楽しむだけでなく、他プレイヤーとの駆け引きなど、より複雑にゲーム体験を得られるとして、「Player Versus Enemy(以下、PvE) ゲーム」よりも高いゲーム性で楽しむ事が出来る。また、20 年ほど前はアーケード媒体などを用いて、数人による対面での対戦を行っていた PvP ゲームであったが、機器の発展によりオンライン上で、より多くのプレイヤーと対戦できるようになった。実際に、「Battlefield 2042(以下、BF)[8]」では、最大 128 人での同時対戦も出来るようになったことで、より大人数でゲームを楽しむことができるようになった。

PvP ゲームでは、基本的には人間が操作するプレイヤー (以下、人間プレイヤー) との戦闘を行う。しかし、時々 AI が操作するプレイヤー (以下、疑似プレイヤー) が混在した状態での戦闘が行われることがある。実際に、PUBG やフォートナイト、BF、Apex(Apex はモバイル版のみ) などは、人間プレイヤーと疑似プレイヤーが混在した状態で戦闘する。これらのゲームは、バトルロイヤルというゲームジャンルに分類されるが、このバトルロイヤルは数十人から百人程度の

大人数が集まって戦闘を行う、というゲームの特性がある。そのため、一試合を開始するのに必要な人数が多くなり、その人数の不足分として疑似プレイヤーが投入されることが多々ある。他にも、格闘ゲームでは昔から疑似プレイヤーとの1対1の試合が行われているが、スマブラでは人間プレイヤーと疑似プレイヤー混在の状態ですべて最大8人での対戦を行う事も出来る。しかし、人間プレイヤーと疑似プレイヤーが混在した状態での戦闘時の多くの作品では、疑似プレイヤーの行動が人間プレイヤーと比較して弱かったり、不自然な点が多く、プレイヤーとしては戦闘していて楽しくないと感じる場面が多々ある。そのため、次第にプレイヤーはゲームが面白くないと感じていき、結果ゲームへの評価が低下し、そのゲームから離れていく。そして、そのゲーム内の疑似プレイヤーの数がまた増えていくという負のループが発生するといった問題がある。

まず、プレイヤーが面白さを感じる要因の一つとして、相手プレイヤーに対して感じる「怒り」や「怯え」などの感情の想起や変化が関係していると考えた。感情の想起と変化に関する予備調査を行ったところ、プレイヤーが相手プレイヤーに対して想起するタイミングとして、相手プレイヤーの行動内容および行動変化が関係していると分かった。そこで本研究では、疑似プレイヤーとの戦闘における面白さの低減を防ぐという目標のもと、「疑似プレイヤーに対して感情を想起させる事」を目的とする。

本研究では予備調査を踏まえ、疑似プレイヤーの内部パラメータとして動的に変化する事の出来る感情パラメータを導入する事で、人間プレイヤーのように感情を基にした行動変化を起こすことができると仮説を立てて、自作ゲーム内に実装した。そして、実験により疑似プレイヤーに対して感情の想起や変化を行うのか調査した。評価結果としては、感情有りの疑似プレイヤーと感情無しの疑似プレイヤーを比較したものでは、「感情的であったか」という項目で疑似プレイヤーの方が高い結果となった。また、自由記入欄でも「人間より人間味を感じた」や「意志を感じた」など感情を想起させることが出来たと伺える回答があった。よって、目的としていた「疑似プレイヤーに対して感情を想起させる事」は、疑似プレイヤーに感情を導入する事で想起させることができたと言える結果となった。



## 1.2 論文構成

本論文は、全 8 章にて構成する。3 章では関連研究としてゲーム AI について述べ、4 章では提案手法について述べる。5 章では感情の想起に関する予備調査、6 章で実験に使用する自作ゲームの解説、7 章で実験の結果と考察、8 章でまとめを述べる。

# 第 2 章

## 関連研究

本章では、ゲーム AI の関連研究について述べる。2.1 節ではゲーム AI として分類される 3 つの AI について、2.2 節では人間らしさを再現する手法として 5 つの手法について述べる。

### 2.1 ゲームにおける AI

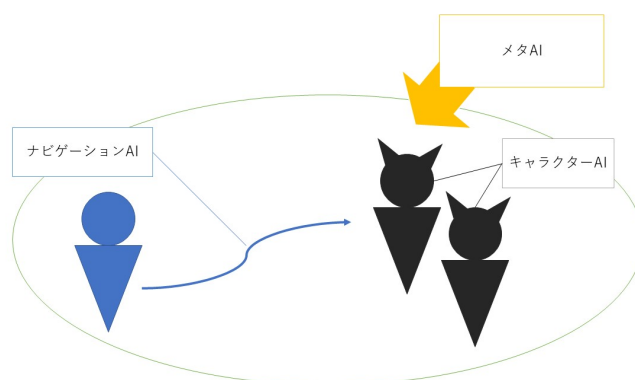


図 2.1 ゲームにおける AI

本研究では、疑似プレイヤーに対してゲーム AI を搭載する事で実装を行う。そこで、ゲームにおける AI にはどのようなものがあるのかについて述べる。

昨今のゲーム AI は主に「メタ AI」「ナビゲーション AI」「キャラクター AI」の 3 種類に分類される。図 2.1 は、3 種類の AI の関係を図示したものである。メタ AI は、主にゲーム全体を観測しており、ゲーム全体を管理する AI となっている。例えばゲーム内の情報を基にゲームの難易度調整を行うといった事がある。鍋ら [9] は対戦時のプレイヤーの強さに応じて自動的に調整を行い、宋ら [10] はプレイスキルを分析することで自動的にステージの調整を行い、プレイヤーの

ゲーム体験の向上を行っていた。またゲームにおける Map を自動的に生成するシステム [11] もメタ AI に含まれる。ナビゲーション AI は、主にパス検索などゲーム内環境に関する AI である。最短経路アルゴリズムなどがこれにあたり、より正確により高速に目的地までたどり着けるかの研究 [12] や自然な経路選択を行うといった研究 [13] などが今も行われている。キャラクター AI は、主にキャラクターの行動決定を行う AI となっている。より「人間らしい」ことを目指す研究 [14][15] や「最強の AI」を目指す研究 [16] がこれにあてはまる。

本研究に置ける疑似プレイヤーはこのキャラクター AI になる。そのため、このキャラクター AI に注目して関連研究を取り上げていく。

## 2.2 人間らしさに関する先行研究

ゲーム内の AI に関する研究は盛んに行われてきている。古くは将棋や囲碁の研究があり、最強の敵を制作するといった研究が行われている。アクションゲーム内の敵 AI の研究も行われてきているが、昨今は最強の敵を作るのではなく、より人間プレイヤーに近い AI の制作もしくは一緒に戦って楽しめるような AI の研究が多く行われている。その中でも本研究で対象とするキャラクター AI において、感情に関する手法はよく「人間らしさ」を目指した研究の軸として考えられている。テンシリリックンら [17] は、「人間らしさ」の着目点として「行動の模倣」「身体的な制約」「感情」「間違い・勘違い」「好み」の 5 つを挙げた。そこで、感情に関する手法としてどのようなものがあるのか、4 つの手法に関しては本手法とは異なりどのようなプロセスを行っているのかについて述べる。

### 2.2.1 行動の模倣

星野ら [18] や三浦ら [19] は、機械学習といった手法を用いて、ゲーム中にプレイヤーの行動選択を特徴化し、その取得したデータを疑似プレイヤーの行動内容に取り入れている。それにより疑似プレイヤーの行動としてプレイヤーを模倣するような動作を行っている。これらの研究では

機械学習などにより人間の行動を模倣する手法を取っているが、本研究で行っているバトルロイヤルやアクション RPG などにおける、疑似プレイヤーの行動に対しては取り扱っていない。

## 2.2.2 身体的な制約

佐藤 [13] は人間の身体的特徴として反射神経を導入し、ステージ内に現れた敵や攻撃を反応するまでに遅延を導入していた。藤井 [14] は、マリオの操作を行う AI として操作の不慣れさやアクションの不慣れさを再現して「人間らしい」振舞いを模倣していた。これらの研究では、疑似プレイヤー視点からは人間らしくする行動をとる手法となっているが、本研究の対象とする敵における疑似プレイヤーに関しては述べられていない。

## 2.2.3 感情

白鳥ら [20] はゲームの対戦相手として仮想対戦プレイヤーを用意し、対戦プレイヤーが対戦中に発生するであろう感情による発話を起こすことにより、プレイヤーが相手に人間性を感じ取れるようにしていた。南ら [21] はプレイヤーの感情による行動をもとにして教師有り学習で感情モデルを作成し、そのモデルを戦闘時に切り替える事で、人間プレイヤーの感情による行動変化を行った。余 [22] は疑似プレイヤーの動作として感情的な動作を行わせ、それによる没入感に対する影響を調査した。動作間の流れが自然な中での行動では没入感を引き出すとしていた。これらの感情に関する手法では、導入された感情は離散的であり、感情が変更する際に不自然さが問題として挙げられていた。本手法では、導入する感情パラメータは連続的なものとなっているため、感情の変化に対して自然な変化を行っている。

## 2.2.4 間違い・勘違い

伊藤ら [23] はヒューマンエラーを将棋 AI に導入する方法として、身体的な制約や技量不足、意識的エラーなどを実現する手法をまとめている。江口ら [24] は身体的な制約として認識の遅れを

0.2 秒追加するだけでなく、相手の位置情報に対して乱数で誤差を付与する事で見間違いを意図的に起こしている。しかしこれらの研究では、エラーによって人間らしさを目指しているものの、それらが面白さにどのように繋がっていくかについては述べられていなかった。

### 2.2.5 好み

将棋には棋風と呼ばれる棋士が指す時の特徴・好みがある。生井ら [25] はこの棋風を模倣する将棋プログラムを作成し評価した。坂田ら [26] は性格や能力といった行動の特徴を反映させた疑似プレイヤーを作成していた。しかしこれらの手法では、感情や好みなど人間らしさの模倣が上手くいかない部分があるといった問題が挙げられていた。

# 第 3 章

## 提案手法

本章では、3.1 節で人間プレイヤーと疑似プレイヤーの違いについて、3.2 節では提案手法における感情の想起と面白さの関係について、3.3 節では疑似プレイヤーに導入する感情パラメータについて述べる。

### 3.1 人間プレイヤーと疑似プレイヤーの違い

ゲーム中における人間プレイヤーと疑似プレイヤーでどのような違いがあるのか考察した。まず、疑似プレイヤーが機械である以上避けられない要素として、予期していない処理は行えない事がある。これは壁に追い込まれて動作を停止したり、行動選択をしなくなってしまうなどゲームの仕様として存在してしまうものである。次に、行動選択が不自然である事や動作にラグが存在する、同じパターンでの行動のみを行うといった特徴がある。これらは人間プレイヤーでも初心者や環境で起こる事はあるものの疑似プレイヤーの特徴だといえる。最後に注目した点として、疑似プレイヤーではプレイヤーが相手に対して行う感情の想起や変化が人間プレイヤーと異なるのではないかという事である。人間プレイヤー相手では戦闘中の読みあいや変化があり、これがプレイヤーの感じる面白さに繋がっていると考えられる。しかし、疑似プレイヤーではプレイヤーが行う感情の想起や変化が少ない、もしくは感情の想起や変化が行いづらいのではないかと考えた。そこで、疑似プレイヤーに対する感情の想起や変化を軸に考えていく。

## 3.2 感情の想起が面白さに与える影響

ゲーム内における自身と相手プレイヤーの戦闘時を考えた際に面白さを感じるタイミングについてある仮説を立てた。それは、相手プレイヤーに対して行う感情の想起や変化が面白さに影響を与えているのではないか、ということである。対戦ゲームでは長い戦いを行っていくと相手が「強気」や「控えめ」などといった心理の変化によって選択する行動を変化させることがある。それをプレイヤーは受け取り、「強気」や「控えめ」といった相手プレイヤーに対する感情の想起や変化を行い、プレイヤーは自身の戦略を考えたり対応していき、結果的に面白さに繋がっていくと考える。そのため、疑似プレイヤーの行動によって、プレイヤーが行う感情の想起や変化を起こすことで、面白さの向上を目指せるのではないかと考えた。

そこで相手プレイヤーに対して感情の想起や変化を行うタイミングとしては、相手の行動の変化によるものではないかという仮説のもと、第4章にて予備調査を行った。結果としては、相手の行動によって感情の想起や変化を行っていることが分かった。

そのため本手法では、感情の想起が面白さに対して影響を与えていると考え、次の手法を行う。疑似プレイヤーに行動変化を起こす方法として、相手の心理の変化という部分に注目し、疑似プレイヤーに感情を導入することにした。それにより心理の変化による行動変化を再現し、プレイヤーに感情の想起や変化を与え、疑似プレイヤーによる面白さの低下を防ぐことができると考える。

なお、この時プレイヤーが感じる、相手に対して予測した感情は、実際に相手を持っている感情と必ずしも同一にはならず、また同一になることは目指していない。理由としては、相手が人間プレイヤーだとしても予測と実際の値が同一にならない事は多々あり、また相手プレイヤーの実際の感情をゲーム内で知ることは無いためである。

### 3.3 感情パラメータ

本手法では、疑似プレイヤーに対して感情パラメータを導入する。そして行動選択部分にこの感情パラメータを反映させることで、選択する行動に変化を起こし、その結果プレイヤーが疑似プレイヤーに対して感情の想起ができることを目指す。

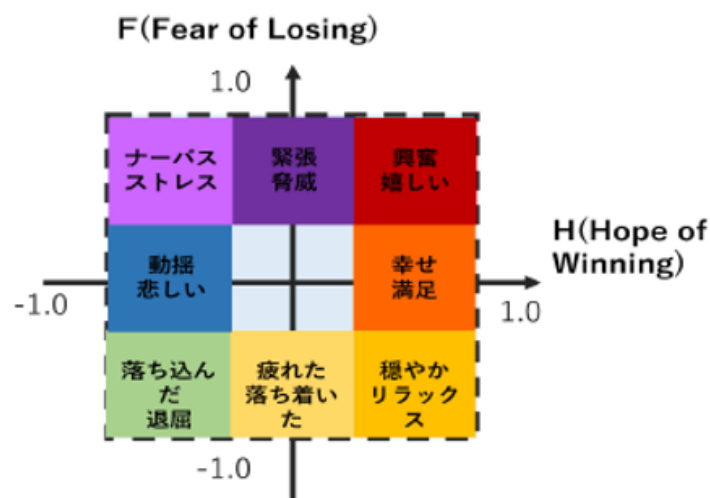


図 3.1 2次元感情マップ

そこで、感情パラメータを導入するにあたって、里井 [27] の2次元感情マップを基に制作した。図 3.1 は、その2次元感情マップを表している。縦横の3×3の9つのマスがあり、縦軸は「失うことへの恐怖」を表しており、横軸は「勝利への希望」を表している。疑似プレイヤー内に2次元の値として感情パラメータを実装する。この値は、疑似プレイヤーの戦闘や周りの環境など人間が戦闘時に感じる影響を基に様々な場面で変化していく。例えば、疑似プレイヤーの攻撃が成功した時などは右上の「興奮・嬉しい」に値が寄るように変化していく。逆に攻撃を受けた時などは左の「ナース・ストレス」や「動揺・悲しい」などへと変化していく。他にも戦闘が無い場合などは「穏やか・リラックス」など状況に合わせてこの感情パラメータは変化する。

宮坂 [28] は同様の2次元感情マップを基に各感情毎のキャラクターを作成し、ゲーム内にてそのモデルを切り替えることによって感情の変化を再現しようとしていた。だが、動的に変化する



感情と行動の変化に対して、モデルの切り替えでは感情の変化時に行動の変化が上手く再現できない事があった。

そこで本手法ではモデルの切り替えとして感情パラメータを導入するのではなく、疑似プレイヤーが選択する行動選択部分に感情パラメータを用いる。それにより動的に変化する感情と自然な行動の変化を行う。この手法では、細かく感情の変化を行えるほか、一つのモデルを用意するだけで済み、同様のパラメータから強気や弱気など様々な変化を行える。

### 3.4 提案手法のまとめ

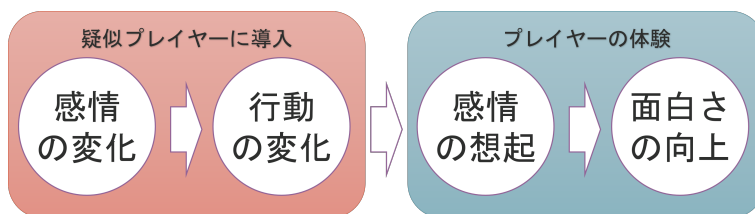


図 3.2 感情から面白さへの遷移

図 3.2 では、提案手法を図としてまとめた。まず、疑似プレイヤー内の感情パラメータが周囲の環境や体力などのパラメータによって変化する。その後、感情パラメータによってその時選択する行動が変化していく。それによりプレイヤーが疑似プレイヤーに対して感情の想起や変化を行うようになり、その結果プレイヤーに面白さをより感じさせる事ができると考える。

### 3.5 対象とするゲームジャンル

提案手法をもとに自作ゲームを作る上で、どのゲームジャンルの PvP ゲームか考える。PvP ゲームとして、バトルロイヤルゲームやアクション RPG ゲーム、格闘ゲーム、レースゲームなど色々あるが、本手法ではバトルロイヤルとアクション RPG ゲームに絞って実装する。この 2 つのゲームジャンルでは、多くの点において共通点が見られる。ゲーム性としては、基本的に 3D 空間に広がる Map をプレイヤーが自由に探索したり戦闘を行うゲームジャンルとなっている。プレ

イヤーのゲーム画面における視点として、この2種のゲームジャンルではプレイヤーを俯瞰した状態のカメラ位置である「Third Person Shooter(以下、TPS)」とプレイヤーの目線がカメラ位置になる「First Person Shooter(以下、FPS)」が主流となっている。この2つの基礎的な要素が共通しているため、この2つのゲームジャンルをもとに自作ゲームを作成し、感情パラメータを導入した疑似プレイヤーを実装する。また、第4章で行う予備調査で対象とするゲームは、どれもバトルロイヤルゲームもしくはアクションRPGゲームのTPS、FPSゲームとなっており、近いゲーム内容を選択して取り上げている。3.5.1節ではバトルロイヤルゲーム、3.5.2節ではアクションRPGゲームのゲームジャンルの解説を述べる。

### 3.5.1 バトルロイヤルゲーム

PUBG および Apex はバトルロイヤルゲームと呼ばれるゲームジャンルである。図 3.3 は Apex のゲーム画面のスクリーンショットで、広大な Map に好きなタイミングで上空から飛び降っている。Map 内で物資を補給しながら最後の1人(もしくは、1チーム)になるまで競い合う。図 3.4 は、PUBG のゲーム画面のスクリーンショットで、最後の一人になるまで生き残り勝利した時の画像である。1マッチは基本的に数十人単位で行われ、PUBG などでは人数が足りない場合や低ランク帯では疑似プレイヤーが投入される。



図 3.3 Apex のゲーム画面のスクリーンショット



図 3.4 PUBG のゲーム画面のスクリーンショット

### 3.5.2 アクション RPG ゲーム

Elden はアクション RPG ゲーム系のゲームジャンルである。このゲームでは、広大な Map を探索し強大なボスやオンライン上で他プレイヤーと対戦や協力などができる。このようなゲームジャンルのゲームでは、味方や敵の疑似プレイヤーおよび他の人間プレイヤーが操作する人型のキャラクターが登場し、疑似プレイヤーと人間プレイヤーが混在した状態で戦闘する事ができる。図 3.5 は、Elden のゲーム画面のスクリーンショットで、広大な Map を探索している様子となっている。



図 3.5 Elden のゲーム画面のスクリーンショット

# 第 4 章

## 予備調査

本章では、プレイヤーが相手プレイヤーに対して行う感情の想起に関して実施した予備調査について述べる。4.1 節では、実施した予備調査について、4.2 節では、予備調査の結果について述べる。

### 4.1 感情の想起に関する予備調査

プレイヤーが面白さを感じる要因として、相手プレイヤーに対して「怒り」や「怯え」などの感情の想起や変化から来ていると考えた。そこで、この多くのプレイヤーは相手プレイヤーに対して感情の想起や変化を行うのか、何が原因で想起や変化を行っているのか、また行う想起や変化は個々人で一致するのかを調査した。調査対象は、20 代の男性 10 名で、調査に使用した各ゲームの経験者は内 8 名である。

調査方法としては、まず PvP ゲームにおける敵プレイヤーとの対戦中の動画を閲覧してもらった。閲覧後、参加者に対して「相手プレイヤーに対して感情を想起したか」「想起した場合、その内容はどのようなものであったか」「感情の想起をした理由はなんであったか」という質問を行った。

調査に使用したゲームは、「PUBG」「Apex」「Elden」の 3 つである。どれも 3D の TPS・FPS ゲームである。動画内の戦闘は全て人間プレイヤー同士での戦闘であり、戦闘時の映像を切り抜いて閲覧してもらった。それぞれの動画時間は 7 秒前後である。次の 3 つの画像は全て予備調査で用いた動画のスクリーンショットである。



図 4.1 予備調査に用いた PUBG の動画のスクリーンショット



図 4.2 予備調査に用いた Apex の動画のスクリーンショット



図 4.3 予備調査に用いた Elden の動画のスクリーンショット

図 4.1 が PUBG のプレイ画面、図 4.2 が Apex のプレイ画面、図 4.3 が Elden のプレイ画面と

なっている。各動画を編集で一時停止し、注目してもらいたい敵を強調する事で、注目する対象を定めた。

## 4.2 予備調査の結果と考察

表 4.1 予備調査の結果

ゲーム名	感情を想起した人数	多かった内容
PUBG	0	無し
Apex	8	強気
Elden	6	怯えている

表 4.1 は予備調査の結果である。Apex と Elden の 2 つでは感情を想起した人数は半数以上だった。PUBG では誰一人として想起する事はできなかった。

想起した内容について見ていくと、Apex では「強気」という意見が多数あげられた。Elden では「怯えている」という意見があげられた。Apex と Elden では、想起した内容が回答者達で一致した。そのため、予備調査の目的であった「感情を想起する事ができるのか」および「想起した感情が一致するのか」について期待した結果を得る事ができたと言える。

また、感情を想起した理由については、「相手の行動内容から判断した」という意見が多数あげられた。例えば相手が「近づいて攻撃してくる」といった Apex の動画の場合では「強気」や「怒り」といった判断を行い、「自身から逃げるような行動」といった Elden の動画の場合では「怯え」や「慎重」といった判断を行ったものが多数だった。PUBG では感情を想起した人数が 0 人であったがその理由として、動画内における戦闘時間が短く、「近づいている」や「逃げている」といった相手の行動内容を十分に得られなかったため感情の想起ができなかったと言える。よって、プレイヤーが相手プレイヤーに対して感情の想起や変化を行う方法としては、ある程度の連続した「相手の行動内容」および「相手の行動パターンの変化」を把握している事が必要だと分かった。

## 第 5 章

# 本実験の実装について

本章では、5.1 節で本手法の実験に用いる自作ゲームについて、5.2 節で疑似プレイヤーに導入した感情パラメータの導入手法について述べる。

### 5.1 自作ゲームについて

本研究では、対戦ゲームにおける疑似プレイヤーに対して感情パラメータを導入する必要がある。そのため、市販のゲームを用いた検証などはできない事から専用のゲームを制作する事にした。ゲームエンジンである Unity を用いてゲームを制作する。ゲーム内容としては、バトルロイヤル形式を採用した 3D の TPS 型アクションゲームとなっている。

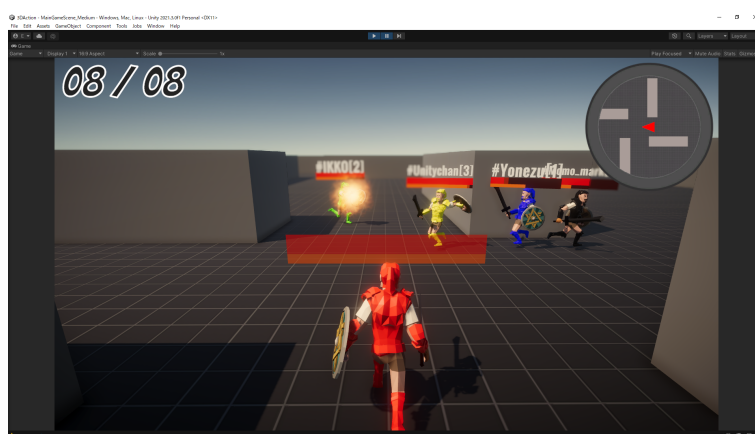


図 5.1 実装したゲームのスクリーンショット 1



図 5.2 実装したゲームのスクリーンショット 2

対戦内容としては、参加者として同時に最大 8 人での対戦を行い、最後の一人になるまで戦い合うものである。プレイヤーは「2 種の近接攻撃」「遠距離攻撃」「回復」の 4 つのアクションと移動を行える。図 5.1 は対戦中の画面のスクリーンショットである。画面左上には対戦中の参加人数と生存者数を表示しており、画面右上の地図から Map における現在地を確認する事ができる。また、ゲーム内の各キャラクターの頭上には体力ゲージとスタミナゲージを表示している。各アクションを行うには一定量のスタミナを消費するため、スタミナ管理が戦術として必要になる。これらの情報は、人間プレイヤーは視覚から得る事ができ、疑似プレイヤーは数値的に取得する。図 5.2 はゲーム終了時の画面となっており、ゲーム内の生存者が 1 人になった後に勝利者のゲーム画面に切り替わり、多くのバトルロイヤルのように勝利者名を表示する事で、勝った人が分かるようになっている。

検証では、相手が人間プレイヤーの場合と疑似プレイヤーの場合を比較する必要がある。そこで、人間プレイヤー同士での対決を行うためにオンライン対戦機能を実装した。Photon Unity Networking2 というライブラリを用いて作成した。実際のゲームプレイの環境としては、オンライン上で相手プレイヤーが人間プレイヤーか疑似プレイヤーか分からない状況で対戦を行うことが基本となっている。そのため、オフラインでの対面で対戦を行ってしまうと、他プレイヤーを認識できてしまいそこから相手プレイヤーが人間プレイヤーか疑似プレイヤーか判断ができるな



ど、実際のゲーム環境と異なってしまいます。そのため、オンライン対戦にすることで実際のゲームの環境に近いようにした。

## 5.2 疑似プレイヤーの感情パラメータについて

ゲーム内に実装する疑似プレイヤーの、行動選択に感情パラメータを導入する手法について解説する。まず、感情パラメータは 3.3 節で述べた、2次元感情マップを用いて導入する。本実験に用いる感情パラメータは、基本的に疑似プレイヤーの周囲の環境や疑似プレイヤーに関する攻撃、被弾の際に変化する。この感情パラメータは、疑似プレイヤー毎に独立しており、初期値は同じ値から開始する。自作ゲームにおける感情パラメータを変化させる要因としては、以下のものを導入した。

- 現在の体力
- 現在のスタミナ
- 疑似プレイヤーが攻撃 (直撃か空振りかで増加量の変化)
- 疑似プレイヤーが被弾 (ダメージ量で増加量の変化)
- 周囲の敵の数
- 生き残っているプレイヤーの数 (プレイヤー数が減少時にパラメータが変化)
- 攻撃対象の敵の体力
- 時間経過 (徐々に初期値に戻る)

次に、行動選択の方法について解説する。ゲーム AI における行動選択の手法は様々あり、「ルールベース AI」「ステートベース AI」「ビヘイビアベース AI」「ゴールベース AI」「ユーティリティベース AI」などある。

ルールベース AI やステートベース AI は基本的に、if 文などを用いて挙動を変化させたり、状態を遷移させて行動を変化させるものである。ビヘイビアベース AI は、ビヘイビアツリーと呼ば

れる手法を用いて、行動を木構造的に段階的に選択していく。例えば、初めに攻撃か防御を選択し、攻撃を選択後は物理と魔法を選択する。そのように、行動内容を絞って選択していくものとなっている。ゴールベース AI は、初めに実行したいゴールを定めておき、そのゴールに向かうための行動を選択していくものとなっている。ユーティリティベース AI は、行動選択をする際に、様々な評価軸を基にした評価関数と呼ばれる独自の評価式を用いて評価した値の合計が高くなった行動を選択する。例えば、ある行動は残り HP が少ないほど高い頻度で発生する、敵との距離が遠いほど発生しやすくなる、などといった軸で現在の状況から計算を行って行動選択を行う。

今回自作ゲームの疑似プレイヤーでは、「ユーティリティベース AI」を用いて実装した。ルールベース AI や状態ベース AI などで行う、条件式を用いて選択する行動や状態を切り替えていくのに対して、このユーティリティベース AI は評価軸を用いて選択するため、複雑な行動選択を実装しやすく、バトルロイヤルやアクション RPG といった戦闘状況が次々へと変化するゲームと相性が良いと考え、この手法を選択した。

本手法では、以下の評価軸を疑似プレイヤーに用いている。評価軸の値によってどのように評価するかは、アクション毎に異なったものを設定している。これは、感情無しと感情ありの疑似プレイヤー共に共通のものとなっている。

- 関数  $A$  : 現在の体力
- 関数  $B$  : 現在のスタミナ
- 関数  $C$  : 他プレイヤーとの距離
- 関数  $D$  : 他プレイヤーの体力
- 関数  $E$  : 前回のアクションと今回のアクション

各評価軸をそれぞれの評価関数で計算し、その合計を求める式は

$$G(p, e) = A(p) + B(p) + C(p, e) + D(e) + E(p) \quad (5.1)$$

となる。関数  $A$  や  $B$  は各評価軸における評価関数になっており、評価軸を増やす際は追加で足す

ことで実装ができる。各関数の引数には、その疑似プレイヤーに関する情報として  $p$  が、現在敵対している敵の情報として  $e$  が与えられる。関数  $A$  と関数  $B$  ではプレイヤーの情報をもとに計算を行い、関数  $C$  と関数  $D$  では現在敵対中の敵の情報をもとに計算を行う。この時、敵対する敵が居ない場合は計算されない。

次に行いたいアクション

	近接A	近接B	遠距離	回復
近接A	2	3	1	2
近接B	3	1	2	2
遠距離	1	1	3	2
回復	3	3	2	1

前回のアクション

図 5.3 関数 E の 2 次元テーブルの例

関数 E は、前回行ったアクションから次に行うアクションにそれぞれ決められた値が入った 2 次元テーブルを参照して値を算出している。図 5.3 は、各アクション毎の 2 次元テーブルの例になっている。例えば、前回行ったのが近接 A で現在計算中なのが遠距離の場合、求められる値は 1 となる。

この式 5.1 をキャラクターが行えるアクションごとに計算する。

$$\max(G_1, G_2 \dots G_n) \tag{5.2}$$

式 5.2 は、各アクションごとに計算した式 5.1 における max 関数になっており、変数  $n$  はアクション数を示す。式 5.2 により、最も合計値が高くなったアクションを疑似プレイヤーは選択し

行動する。

今回感情パラメータはこの評価関数内の評価関数として導入する。評価式として、ある感情においてその行動が優先的に発生する、もしくは発生する割合を減少させるなど、感情を基準とした行動選択を計算式に組み込んだ。導入した評価軸としては以下のものとなっている。

- 関数  $F$ ：現在の感情で対象のアクションを行うかどうか

感情無しの疑似プレイヤーに導入していた式 5.1 に、新たな評価軸として感情によるものを導入したものは

$$H(p, e) = G(p, e) + F(p) \quad (5.3)$$

となる。関数  $F$  は感情による評価軸である。この式 5.3 を各アクションごとに計算し、

$$\max(H_1, H_2 \dots H_n) \quad (5.4)$$

式 5.4 により、最も合計値が高いアクションを選択する。

# 第 6 章

## 評価分析

本章では、6.1 節で実験の方法について、6.2 節では実験結果を、6.3 節で実験結果をもとに行った検定の結果を、6.4 節で実験に対する考察を述べる。

### 6.1 実験方法



図 6.1 戦闘中のスクリーンショット

使用するゲームは、第 5 章で解説した自作ゲームを用いる。図 6.1 は、自作ゲームでの戦闘時の画像である。実験環境は対面およびオンライン上で実施した。どちらの場合でも、被験者同士がなるべくお互いを認識できないようにすることで、実際のオンラインゲームに近い環境でゲームを体験してもらった。

開始アンケート  
(後から変更はできません)

送信

あなたの年齢を選択ください

10歳～20歳未満 ▾

PvP(人と戦う)ゲームは普段どの程度遊ぶか選択ください

普通程度(3～4作程度) ▾

あまり遊ばない(1～2作程度)

✓ 普通程度(3～4作程度)

少し遊ぶ(5～6作程度)

良く遊ぶ(7作以上)

図 6.2 調査画面のスクリーンショット

まずゲーム開始時に質問を行った。図 6.2 は、被験者の年齢と普段 PvP ゲームをどの程度遊ぶかをゲーム内で質問する際の調査画面である。その後用意したチュートリアルを用いてゲームの操作を確認してもらう。チュートリアルである程度の戦闘方法を理解する事で最低限の技量を身に付けてもらう。

被験者には 2 回 1 セットの試合を 2 回、計 4 試合を行ってもらう。試合 No1～4(以下、No のみ表記) の対戦内訳は以下のとおりである。被験者は No1 → No2 の順番で行う者と No2 → No1 の順番で行う者の 2 種類に分けた。同様に No3 → No4 の順番と No4 → No3 の順番の 2 種類に分けた。

- 1 セット目。PvP と PvE の比較
  - 試合 No1: 人間プレイヤー 2 人
  - 試合 No2: 人間プレイヤー 1 人・感情有疑似プレイヤー 1 人
- 2 セット目。疑似プレイヤーの感情有無の比較
  - 試合 No3: 人間プレイヤー 1 人・感情有り疑似プレイヤー 3 人
  - 試合 No4: 人間プレイヤー 1 人・感情無し疑似プレイヤー 3 人

図 6.3 終了時の 10 段階評価

図 6.4 終了時の自由記入評価

各セットの終了後にアンケートを実施した。セット内での 1 試合目と 2 試合目を比較してもらい、「2 試合目が 1 試合目と比較した際にどう感じたか?」を敵の強さや駆け引きなど各項目 10 段階評価と自由記入欄で回答してもらった。図 6.3 は 10 段階評価の調査画面、図 6.4 は自由記入欄の調査画面である。それにより、ゲームにおける面白さを感じている箇所に対して数値的に調査した。アンケート自体は、ゲーム内に直接実装することでゲームの感想が色褪せないうちに回答できるようにした。また、ゲーム開始時に年齢と普段 PvP ゲームを遊ぶかどうかの調査も行い、ゲームに対しての経験量によって値が異なるかも確認した。

調査する 10 段階評価は以下の内容で行った。

- 敵が強い
- 駆け引きがある
- 行動が予測しやすい
- 敵が感情的であった
- 近接攻撃が強い
- 遠距離攻撃が強い

自由記入は以下の内容で行った。

- 敵に対する感想
- ゲームに対する感想

## 6.2 実験結果

6.1 節の実験を 20 名の男女に対し実施した。20 名の内 3 名が 1 セット目のアンケートに未回答であったため、1 セット目は 17 名のデータとなっている。表 6.1 に各セットの試合順番の内訳を示す。表 6.2 では被験者の年代内訳、表 6.3 では被験者のゲーム経験の内訳を示す。

表 6.1 被験者内訳

セット目	順番	人数	合計
1 セット目	No1 → No2	9	17
	No2 → No1	8	
2 セット目	No3 → No4	13	20
	No4 → No3	7	



表 6.2 年齢

年齢	人数
10 歳未満	0
10 歳 20 歳未満	6
20 歳 30 歳未満	14
30 歳 40 歳未満	0

表 6.3 PvP の経験

選択肢	人数
遊んだことがない	1
あまり遊ばない (1~2 作程度)	5
普通程度 (3~4 作程度)	8
少し遊ぶ (5~6 作程度)	0
良く遊ぶ (7 作以上)	6

## 6.3 検定結果

各セットのアンケート結果を基に t 検定を行った。

### 6.3.1 人間プレイヤーと疑似プレイヤーの比較

1 セット目に行った No1 と No2 の試合後に行った。表 6.4 は、1 セット目で行った PvE と PvP の調査結果を示す。PvE は No1 → No2 の順番に試合を行った被験者のアンケート結果、PvP は No2 → No1 の順番に試合を行った被験者のアンケート結果である。

アンケート結果から、「人間プレイヤーと感情有りの疑似プレイヤーを比較したアンケート結果全体には差がない」という帰無仮説に対し、t 検定を行った。検定結果は、 $p \approx 0.005864$  となり、有効といえる水準の有意差が認められる結果となった。図 6.5 は、1 セット目の評価結果の箱ひげ図である。

表 6.4 1セット目 調査結果の平均

質問	PvE	PvP
敵が強い	4.88	4.00
駆け引きがある	5.38	4.67
行動が予測しやすい	7.13	5.89
敵が感情的であった	6.38	4.00
近接攻撃が強い	5.50	6.00
遠距離攻撃が強い	5.25	6.11

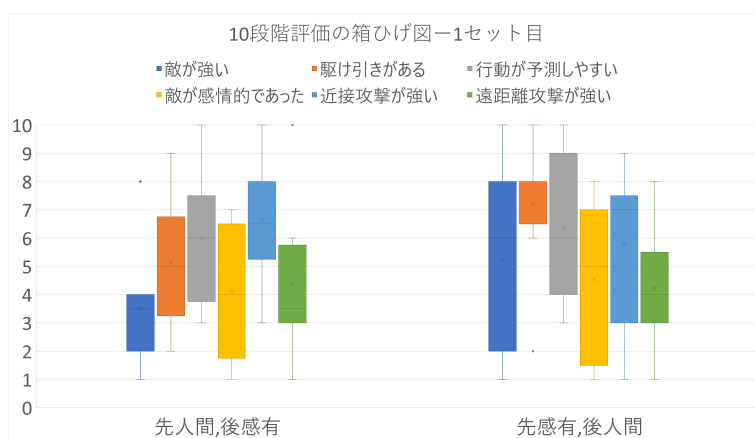


図 6.5 1セット目の評価結果の箱ひげ図

### 6.3.2 感情有りと感情無しの疑似プレイヤーの比較

2セット目に行った No3 と No4 の試合後に行った。表 6.4 は、2セット目で行った感情有りと感情無しの調査結果を示す。感情有りは No3 → No4 の順番に試合を行った被験者のアンケート結果、感情無しは No4 → No3 の順番に試合を行った被験者のアンケート結果である。

アンケート結果から、「感情無しの疑似プレイヤーと感情有りの疑似プレイヤーを比較したアンケート結果全体には差がない」という帰無仮説に対し、t 検定を行った。検定結果は、 $p \approx 0.043796$  となり、有効といえる水準の有意差が認められる結果となった。図 6.6 は、2セット目の評価結果の箱ひげ図である。

表 6.5 2セット目 調査結果の平均

質問	感情有り	感情無し
敵が強い	4.50	4.43
駆け引きがある	5.75	7.14
行動が予測しやすい	5.75	6.71
敵が感情的であった	4.83	3.86
近接攻撃が強い	6.67	5.43
遠距離攻撃が強い	4.58	4.43

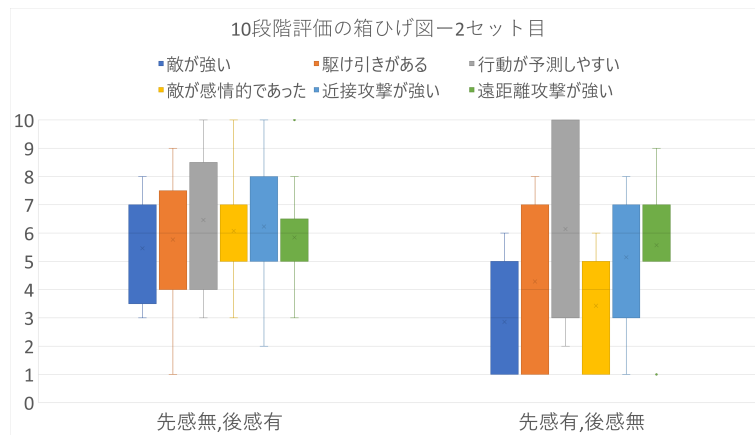


図 6.6 2セット目の評価結果の箱ひげ図

## 6.4 考察

プレイヤーと疑似プレイヤーを比較した1セット目と疑似プレイヤーの感情の有無を比較した2セット目において、それぞれアンケート結果から比較した際の差は無いという帰無仮説に対し t 検定を行った結果、p 値が基準を下回り有効といえる水準の有意差が認められる結果となった。

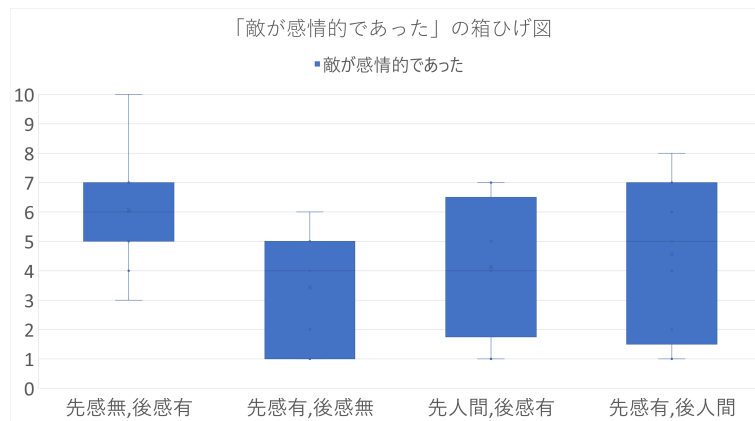


図 6.7 「敵が感情的であったか」の箱ひげ図

図 6.7 は、「敵が感情的であったか」という項目のみを抜き出した 1 セット目と 2 セット目両方の結果が載っている箱ひげ図になっている。

まず、図 6.5 を見ると、基本的に人間プレイヤーの方が数値が高い傾向はあるものの、一部の評価は同程度のものとなっていた。しかし、自由記入欄の敵に関する意見を見ると、「人間プレイヤー同士の戦闘ではお互いに攻撃を待ち続けた結果、戦いが長引き面白くなくなる」といった意見がいくつか見受けられた。こういった意見が上がる理由としては、疑似プレイヤーでは、一時的に戦闘が停滞する事はあるものの、どこかで攻める行動を取るため、結果的に戦闘が行われ、人間プレイヤーよりも疑似プレイヤーの方が戦闘に対して面白さを感じられるのではないかと考える。また、図 6.7 の「敵が感情的であったか」については、人間プレイヤーと感情有りの疑似プレイヤーであまり大きな差がないと言える。つまり、感情有りの疑似プレイヤーと人間プレイヤーで、同じ程度の感情を想起していると言える。

次に、図 6.6 を見ると、多くの項目で感情有りの疑似プレイヤーの方が感情無しの疑似プレイヤーよりも評価が高い傾向が見受けられる。特に、図 6.7 の「敵が感情的であったか」の項目について見ると、感情有りの疑似プレイヤーの方が感情無しの疑似プレイヤーよりも数値が高いのが分かる。特に自由記入欄では、感情有りの疑似プレイヤーに対して「人間より人間味を感じた」や「行動に意志を感じた」など行動内容から感情の想起が出来ていると判断できる回答があった。

よって、1セット目では人間プレイヤーと同程度になっており、2セット目では感情無しより感情有りの方が高い結果になっていることから、「疑似プレイヤーに感情パラメータを導入する事で、プレイヤーが疑似プレイヤーに対して感情を想起させる事」は、本手法で上手くできていると言える結果となった。

## 第 7 章

### まとめ

本論文では、「疑似プレイヤーに対して感情を想起させる事」という目標を達成するために、疑似プレイヤーの行動選択時に感情パラメータを導入する手法を提案した。

人間プレイヤーと疑似プレイヤーの比較および疑似プレイヤーに感情パラメータを適用した状態と適用していない状態を比較できるゲームを、それぞれ被験者が遊んだ後に、アンケート調査を行った。人間プレイヤーと感情有りの疑似プレイヤーを比較した際には、「感情的であったか」という項目で同程度の評価を得ることができた。一方、感情有りと感情無しの疑似プレイヤーを比較した際には、「感情的であったか」という項目で、感情有りの疑似プレイヤーの方が高い評価を得られた。特に、自由記入欄で「人間より人間味を感じた」や「行動に意志を感じた」など、感情を想起していると判断できる回答などがあった。そのため、目的であった「疑似プレイヤーに対して感情を想起させる事」は達成できたと言える結果となった。

今後の発展として、本手法では、アクションゲームにおけるシームレスな感情の遷移を行ったが、今回感情パラメータが変化する条件として、主に疑似プレイヤーに関する攻撃時と被弾時だけだったため、ペルソナ 5[29] や UNDERTALE[30] などの、戦闘中に会話を行う事で相手の感情が変化するゲームのように、相手との会話などを行いながら自然な流れで感情による行動変化を行うアクションゲームなどに活用していったり、本手法で感情を想起させる事ができたため、これが今後面白さへ起因していけるのではないかと考える。

# 謝辞

本研究、本論文を進めるにあたり多くのご指導をしてくださり、また相談に乗ってくださり、多くの時間を割いてくださった、渡辺先生、阿部先生に心より感謝いたします。特に渡辺先生には、2、3年時の先端授業や創成課題から多くのご指導等をしていただき、大変多くの事を学ばせていただきました。本当に心より感謝いたします。

また、予備調査や本実験を行うにあたり、こちらが実験に慣れていないため不手際があったにも関わらず、実施の協力、参加をしていただいた、研究室や同学部、サークルの友人達や2、3年生の後輩たちに心より感謝いたします。特に我彦先輩と栗原先輩はサークル時代から幾つかアドバイスを頂き、今に繋がっていると云えます。ゲーム制作などのアドバイス等ありがとうございました。

また、文化祭にて調査に協力してくださり、また制作した自作ゲームに対して、アドバイスや「楽しい」と感想してくださった、多くの学外の学生や高校生、果ては子供や大人達に心より感謝いたします。これからも楽しいゲームを作っていくので、是非機会が合った際には遊んで頂けると幸いです。

NICOGRAGHに参加するにあたってで多くのアドバイスをしてくださった先輩方や、学会のポスター発表を聞いて意見やアドバイスをしてくださった学生や教授の方々にも、心より感謝いたします。金沢(プチ)旅行は楽しかったです。

皆様、本当にありがとうございました。

# 参考文献

- [1] Electronic Arts. Apex legends. <https://www.ea.com/ja-jp/games/apex-legends> 参照: 2022.12.18.
- [2] PUBG Studios. PUBG:BATTLEGROUNDS. <https://asia.battlegrounds.pubg.com/ja/> 参照: 2022.12.18.
- [3] Epic Games. FORTNITE. <https://www.epicgames.com/fortnite/ja/home> 参照: 2022.12.18.
- [4] フロム・ソフトウェア. ELDEN RING. <https://www.eldenring.jp/> 参照: 2022.12.18.
- [5] スクウェア・エニックス. FINAL FANTASY XIV. <https://jp.finalfantasyxiv.com/> 参照: 2022.12.18.
- [6] 任天堂. 大乱闘スマッシュブラザーズ SPECIAL. [https://www.smashbros.com/ja\\_JP/](https://www.smashbros.com/ja_JP/) 参照: 2022.12.18.
- [7] CAPCOM. STREET FIGHTER V. <https://www.capcom.co.jp/sfv/> 参照: 2022.12.18.
- [8] EA Digital Illusions CE. Battlefield 2042. <https://www.ea.com/ja-jp/games/battlefield/battlefield-2042> 参照: 2022.12.18.
- [9] 鍋谷優作, 矢吹太朗. AlphaZero による難易度自動調整ゲームエージェントの生成. 第 82 回 全国大会講演論文集, Vol. 2020, No. 1, pp. 89–90, 2020.
- [10] 宋垂成, 三宅陽一郎. メタ AI を用いた FPS ゲーム難易度の自動チューニング. ゲームプログラミングワークショップ 2021 論文集, Vol. 2021, pp. 49–56, 2021.
- [11] 藤平啓汰, シュエジュウシュエン, 池田心. 人間らしさを考慮したテストプレイヤを用いる迷路の自動生成と難易度評価. ゲームプログラミングワークショップ 2021 論文集, Vol. 2021,



pp. 192–199, 2021.

- [12] 渡辺大地. 波動方程式による波伝播作用を利用した追跡行動アルゴリズム. 芸術科学会論文誌, Vol. 20, No. 1, pp. 1–9, 2021.
- [13] 佐藤直之, Sila Temsiririrkkul, Luong Huu Phuc, 池田心. Influence Map を用いた経路探索による人間らしい弾避けのシューティングゲーム ai プレイヤ. ゲームプログラミングワークショップ 2016 論文集, Vol. 2016, pp. 57–64, 2016.
- [14] 藤井叙人, 佐藤祐, 若間弘典, 風井浩志, 片寄晴弘. 生物学的制約の導入によるビデオゲームエージェントの「人間らしい」振舞いの自動獲得. 情報処理学会論文誌, Vol. 55, No. 7, pp. 1655–1664, 2014.
- [15] 吉田裕太, 荒澤孔明, 服部峻. オセロにおけるゲーム AI に人間的な振る舞いを可能にするヒト型化要素の検討. 信学技報, Vol. 120, No. 311, pp. 43–48, 2021.
- [16] David Silver. Mastering the game of go with deep neural networks and tree search. *Nature*, Vol. 529, pp. 484–489, 2016.
- [17] テンシリリックンシラ, 高橋一幸, ナムサンギユ, 池田心. コンピューターゲームプレイヤにおける人間らしさの調査. 研究報告ゲーム情報学 (GI), Vol. 2018-GI-40, No. 7, pp. 1–6, 2018.
- [18] 星野准一, 田中彰人, 濱名克季. 模倣学習により成長する格闘ゲームキャラクタ. 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 7, pp. 2539–2548, 2008.
- [19] 三浦大輔, 會澤邦夫. 機械学習を用いたゲーム AI の人間らしい行動に関する研究. 第 79 回全国大会講演論文集, Vol. 2017, No. 1, pp. 473–474, 2017.
- [20] 白鳥和人, 塩入健太, 星野准一. 感情表現生成を行う仮想ゲームプレイヤ. 芸術科学会論文誌, Vol. 7, No. 2, pp. 65–74, 2008.
- [21] 南基大, 池田心. 感情演出による楽しませる対戦格闘ゲーム AI. 研究報告ゲーム情報学 (GI), Vol. 2022-GI-47, No. 10, pp. 1–8, 2022.

- [22] 余明洋. NPC の動作による伝える感情及びプレイヤーの没入感への影響. ヒューマンインターフェース学会論文誌, Vol. 0, No. 0, 2022.
- [23] 伊藤毅志, 杵渕哲彦, 藤井叙人. ゲームにおけるヒューマンエラー — 将棋における考察 —. ゲームプログラミングワークショップ 2014 論文集, Vol. 2014, pp. 196–201, 2014.
- [24] 江口雄貴, 藤井叙人, 片寄晴弘. 対戦型格闘ゲームにおけるゲームバランスの自動調整. ゲームプログラミングワークショップ 2021 論文集, Vol. 2021, pp. 15–19, 2021.
- [25] 生井智司, 伊藤毅志. 将棋における棋風を感じさせる AI の試作. 研究報告ゲーム情報学 (GI), Vol. 2010-GI-24, No. 3, pp. 1–7, 2010.
- [26] 坂田駿允, 砂山渡, 畑中裕司, 小郷原一智. 対戦型ゲームにおける個人の性格や能力を反映した AI プレイヤーの作成. 人工知能学会全国大会, Vol. 33, , 2019.
- [27] 里井大輝. 感情を揺さぶるメタ AI ～ゲームへの実装方法とバランス調整への応用事例～. *CEDEC*. [https://cedil.cesa.or.jp/cedil\\_sessions/view/2013](https://cedil.cesa.or.jp/cedil_sessions/view/2013) 参照: 2022.6.7.
- [28] 宮坂百永. 疑似プレイヤーの感情モデルに関する研究. 学部卒業論文 東京工科大学メディア学部 2020.
- [29] アトラス. ペルソナ 5. <https://persona5.jp/> 参照: 2022.12.18.
- [30] Toby Fox. UNDERTALE. <https://undertale.jp/> 参照: 2022.12.18.